

令和 5 年 5 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19949

研究課題名（和文）北極圏海水域における微量金属元素「マンガン」の役割

研究課題名（英文）The Role of Manganese in the Arctic Ocean

研究代表者

漢那 直也（Kanna, Naoya）

東京大学・大気海洋研究所・助教

研究者番号：90849720

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：北極海では温暖化により海水が急速に失われ、海水の融解が海洋物質循環および海洋生態系に与える影響を理解することが急務となっている。そこで本研究では、海洋の微量栄養物質であるマンガに着目し、北極圏海水域におけるマンガンの濃度と分布および、その動態を明らかにした。海水および海水中のマンガンの定量評価を行うために、マンガンの簡易分析法を確立した。シベリア側の北極海で観測を実施した結果、表層塩分を低下させている淡水源の2-15%は河川水であり、海水の融解水は5%以下であった。北極海表層のマンガンの濃度の変化は、海水の融解水よりも、むしろ河川水の流入によって引き起こされていることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

マンガンは海洋の元素循環を制御し、植物プランクトン量の増減に関わる重要な元素であるが、北極圏海水域はマンガンの動態が最もよくわかっていないエリアであった。本研究により、北極海の中でも特にデータ空白域であったラプテフ海と東シベリア海におけるマンガンの濃度分布が明らかになった。北極海表層へのマンガンの供給過程に関し、海水の融解水よりも、流入河川の重要性を見出した。これらの結果は、変わりゆく北極海における物質循環の理解および、基礎生産量の変動予測に貢献するものである。

研究成果の概要（英文）：Sea ice extent in the Arctic Ocean is decreasing due to global warming. The impact of the melting of sea ice on material cycles and marine ecosystems in the Arctic Ocean remains unknown. This study clarified concentrations and distributions of manganese in the Arctic Ocean. A simple analytical method was established for quantitative evaluation of manganese in sea ice and seawater. Observations in the Siberian side of the Arctic Ocean revealed that 2-15% of the freshwater sources accounted for river waters which decrease the surface salinity of the studied region, although sea ice meltwater accounted for less than 5%. The change in manganese concentration in the Arctic surface water is likely caused by the inflow of river waters rather than sea ice melt water.

研究分野：化学海洋学

キーワード：微量元素 マンガン 北極海 海水

1. 研究開始当初の背景

北極域は、地球温暖化の影響を顕著に受けており、その事案の一つは海氷の激減である。海氷が従来想定より速く失われ、北極海生態系に起こりうる変化が予測困難な状況になっている。このような現状にあって、海氷からの物質供給と植物プランクトン増殖の関連を見出すことは喫緊の課題である。植物プランクトンは、北極海生態系を根底から支え、なおかつ温室効果ガスである二酸化炭素を海洋へ固定する重要な役割を担うからである。海氷の消長は、海洋の微量元素循環にも影響を与えうる。海氷中には、微量元素マンガン (**Mn**) が濃縮されやすく (**Lannuzel et al., 2014**)、海氷が融けると **Mn** が海洋へ付加されることが考えられる。海洋において **Mn** は、(1) 植物プランクトンにとって必須の微量元素 (鉄など) の除去過程に関与し、また (2) 植物プランクトンの光合成活動に深く関わっている。このため、**Mn** は海洋の元素循環を制御し、なおかつ植物プランクトン量の増減に関わる重要な元素である。そして、北極海の海氷で覆われる海域は、**Mn** の動態が最もよくわかっていないエリアである。海氷から放出された **Mn** が、海洋内部でどのような形態に変わり、**Mn** の形態変化が何に規定されるかという研究は、厳しい気候条件下での野外観測、現場計測の制限があったため、これまで行われてこなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、これまで海氷域でよくわかっていなかった **Mn** の動態を調べ、極域・寒冷域の海洋の微量元素循環および、植物プランクトン量の増減に、**Mn** が担う役割を明らかにすることである。目的を達成するために、(1) **Mn** の簡易分析法の確立と、(2) 海氷と海水中の **Mn** の定量評価に関する 2 つの課題に取り組んだ。

3. 研究の方法

(1) **Mn** の簡易分析法の確立

海氷および海水中の **Mn** を分析するために、取り扱いが容易で、持ち運び可能な小型分析装置を新たに製作した。**Mn** の分析手法としてルミノール化学発光法 (**Okamura et al., 1998**) を採用した。新規製作した **Mn** 分析計を用いて、分析試薬の最適濃度や、試薬と海水試料の混合方法、分析時に問題となる妨害元素の除去方法など手法の検討を行った。確立した分析手法を用いて、外洋域 (西部北太平洋) で採取した海水試料中の **Mn** の試験分析を行った。

(2) 海氷と海水中の **Mn** の定量評価

海氷および海水中の **Mn** の存在量を明らかにするために、北海道沿岸サロマ湖、北極海 (ラプテフ海、東シベリア海) の海氷域で観測を行った。北極海の観測は、ロシアの砕氷船 **R/V Akademik Tryoshnikov** を利用した国際観測プロジェクト (**2021 NABOS Expedition**) のもと実施した。海水試料は、ペリスタルティックポンプを用いて海氷下約 **10 m** から採水した。海氷試料は、アイスコアラを用いて氷の柱状コアを採取した。コアラーからの金属汚染を取り除くため、採取したコアは、セラミックナイフを用いて氷の周囲 **1 cm** 以上を削り取った (**Kanna et al., 2014**)。海水および海氷の融解水試料は、**0.2 μm** 孔径のフィルターでろ過を行い、蒸留塩酸を加えて **pH 2** 以下で約 **1** 年間保存した。ろ過試料中の溶存態 **Mn** (**dMn**) は、キレート樹脂濃縮-高分解能プラズマ質量分析計 (**HR-ICP-MS**) で分析した。また、未ろ過試料中の全 **Mn** (**TdMn**) も同様に酸処理を行い、**HR-ICP-MS** で分析した。

4. 研究成果

(1) **Mn** の簡易分析法の確立

本研究で製作した **Mn** 分析計のフローダイアグラムを図 1 右に示す。分析では、アンモニア水、過酸化水素水、ルミノール、トリエチレントetraミン (**TETA**) の試薬を使用した。**Mn** に由来する化学発光強度の最大値を得るために、各試薬の添加濃度を調整し、その最適濃度を決定した (図 1 左 **A - D**)。アンモニア水に関しては、反応 **pH** が **9.6** を超えると、分析ライン中に水酸化マグネシウムが沈殿し、分析感度が著しく低下したため、その最適濃度を **0.5 M** に決定した。また、試薬類と海水試料の混合方法を検討した結果、アンモニア水、ルミノール、**TETA** の 3 種類の試薬を事前に混ぜておくことで、試薬類と海水試料の混合が効率よく行われ、高い分析感度が得られた。

Mn の分析では、鉄 (**Fe**) が化学発光に関与するため、分析時に海水試料から **Fe** を除く必要がある。本研究では、オキシ系キレート樹脂である **MAF-8HQ** と **Kelex 100** の連結カラム (図 1 左) を分析ラインに組み込み、海水試料中の **Fe** (最大 **100 nM**) を **pH 3.0** で選択的に取り除いた。

本分析法における海水中の **Mn** 濃度の検出限界は **0.06 nM** であり、濃度レベルが低い外洋水 (**0.5 ~ 2.3 nM**) に対しても **Mn** の定量評価が可能になった (図 2)。また、**National Research Council of Canada** の海水認証標準物質 (**NASS-7**, **CASS-6**) を分析した結果、**Mn** の認証値とほぼ一致する値を得ることができた (表 1)。

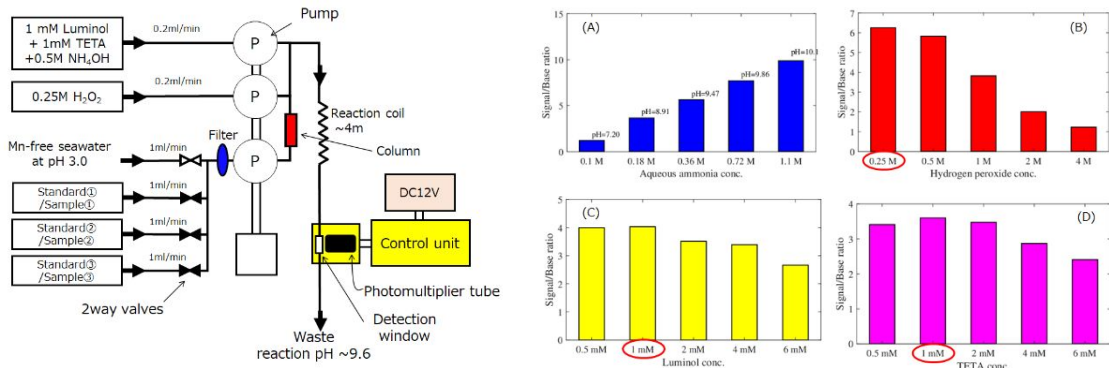
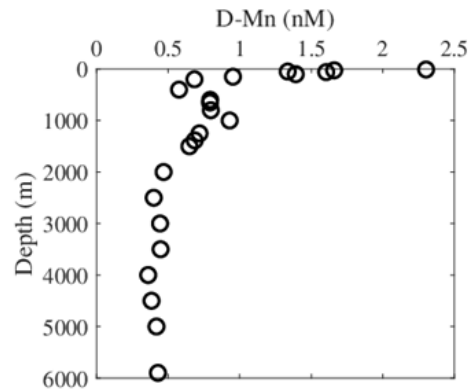


図 1 Mn 分析のフローダイアグラム (左図)。試薬の添加濃度と Mn に由来する化学発光強度の関係 (右図)。横軸の赤丸は最適濃度を示す。(A) の pH はアンモニア水とその他試薬を混合したのち得られた反応 pH を示す。

表 1 海水認証標準物質の分析結果

	Mn concentration (nM)	
	Measured (n=3)	Certified (n=3)
NASS-7	13.0±0.2	13.6±1.1
CASS-6	36.4±0.6	40.4±2.2

図 2 西部北太平洋における溶存態 Mn 濃度の鉛直分布。



(2) 海氷と海水中の Mn の定量評価

サロマ湖

サロマ湖において、海氷下海水中の溶存態 Mn 濃度を明らかにした。観測時の海氷の厚さは約 60 cm であった (Nomura et al., 2022)。溶存態 Mn 濃度は、海氷直下 (水深 1 m) で極大値を示し、5 m 以深で一定の値を示した (図 3A)。水深 1 m における溶存態 Mn 濃度の時間変化を調べた結果、16:00 以降の塩分低下とともに、溶存態 Mn 濃度が上昇した (図 3a, 3c)。水深 1 m 以浅に存在する低塩分水 (塩分=7) 中の溶存態 Mn を分析したところ、900 nM を超える高い値が得られた。低塩分水の流入により、溶存態 Mn が海氷下海水中に供給されたことが考えられた。また、海面から水深 1 m にかけて顕著な塩分躍層が存在し、高いクロロフィル蛍光が観測された (図 3C, 3E)。海氷下の海水で検出された高いクロロフィル蛍光は、海氷底面で大増殖した珪藻類 (*Detonula* sp. など) に由来することが考えられた (Nomura et al., 2022)。Mn は、光合成における水分解反応に関与するほか、活性酸素種から細胞を守る重要な役割を担っている。Mn に富んだ低塩分水の流入が、海氷下海水中の植物プランクトンの増殖に影響を与えている可能性が高い。この低塩分水の起源を特定するために、雪や海氷の融解水、サロマ湖に流入する佐呂間別川の酸素安定同位体比および溶存態 Mn の分析を現在進めている。

北極海

シベリア側の北極海表層において、全 Mn および溶存態 Mn の空間分布を明らかにした。観測点の多くは海氷で覆われており (図 4A)、海氷の厚さは最大で 120 - 140 cm であった (Cruise Report of the NABOS 2021)。東側の観測点において、表層塩分が低い値 (<30) を示したことから、東側は淡水流入の影響を強く受けていることが考えられた (図 4B)。表層海水の塩分変化が、海氷融解水とその他の淡水 (おもに河川水) のどちらによって引き起こされるかを調べるために、水の酸素安定同位体比と塩分データを用いて、淡水と海水の混合割合を算出した。その結果、当該海域の塩分を低下させている淡水源の 2~15% は河川水であり、海氷融解水は 5% 以下であった。表層水中の Mn 濃度は、とくに河川水の割合と有意な正の相関を示した (図 4D)。当該海域にはレナ川、コリマ川が流入しており、河川からの Mn 供給が、北極海表層の Mn 濃度に影響を与えている可能性が高い。また海氷中の全 Mn を分析したところ、氷の濃度 (~6 nM) は、北極海海盆域の表層水 (~27 nM) および陸棚域の表層水 (~84 nM) よりも低く、海氷の融解は北極海表層の Mn 濃度を薄める効果をもたらすことが考えられた (図 5)。

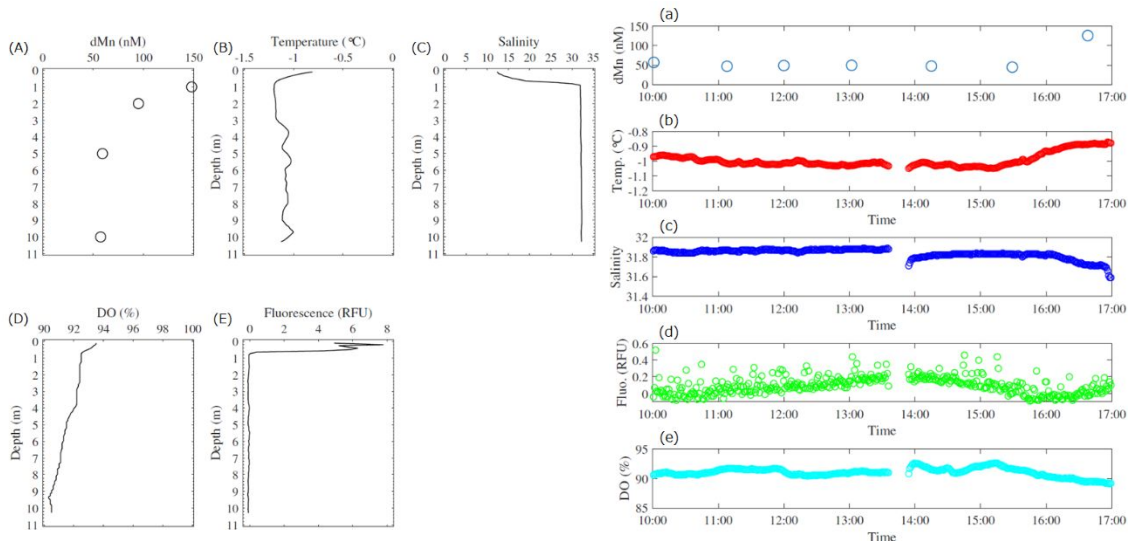


図3 サロマ湖における溶存態 **Mn** 濃度の鉛直分布（左図 A）および水深 1 m での時間変化（右図 a）。多項目水質センサー（**Exo1, xylem**）で測定した水温、塩分、溶存酸素（**DO**）、クロロフィル蛍光のデータも図に示した。クロロフィル蛍光は植物プランクトンの現存量の指標となる。

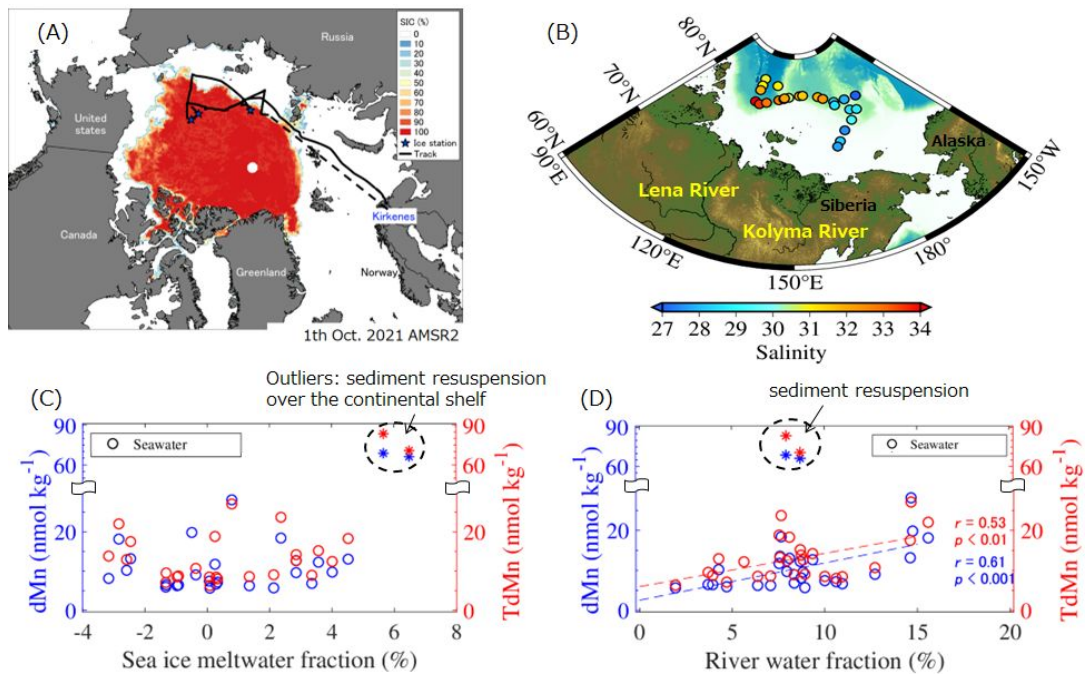


図4 北極航海の航跡および衛星画像（**AMSR2**）から推定した海水の密接度（A）。北極海の表層塩分（B）、海水に占める海水融解水（C）および河川水（D）の割合と溶存態 **Mn**（**dMn**）および全 **Mn**（**TdMn**）濃度の関係。

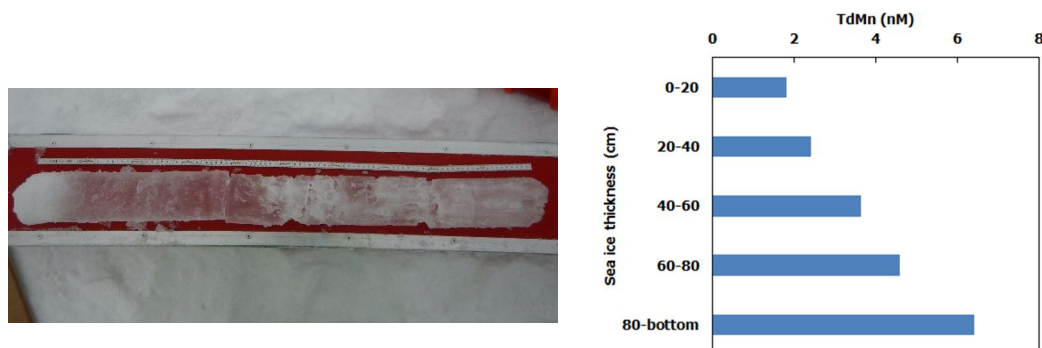


図5 北極海で採取した海水の柱状コア（左図）、海水コアの融解水中の全 **Mn**（**TdMn**）濃度（右図）。

<引用文献>

Kanna, N., Toyota, T., & Nishioka, J. (2014). Iron and macro-nutrient concentrations in sea ice and their impact on the nutritional status of surface waters in the southern Okhotsk Sea. *Progress in Oceanography*, 126, 44-57.

Lannuzel, D., van der Merwe, P. C., Townsend, A. T., & Bowie, A. R. (2014). Size fractionation of iron, manganese and aluminium in Antarctic fast ice reveals a lithogenic origin and low iron solubility. *Marine Chemistry*, 161, 47-56.

Okamura, K., Gamo, T., Obata, H., Nakayama, E., Karatani, H., & Nozaki, Y. (1998). Selective and sensitive determination of trace manganese in sea water by flow through technique using luminol-hydrogen peroxide chemiluminescence detection. *Analytica chimica acta*, 377(2-3), 125-131.

Nomura, D., Ikawa, H., Kawaguchi, Y., Kanna, N., Kawakami, T., Nosaka, Y., ... & Kasai, A. (2022). Atmosphere-sea ice-ocean interaction study in Saroma-ko Lagoon, Hokkaido, Japan 2021. *Bulletin of Glaciological Research*, 40, 1-17.

Report of the NABOS 2021 Expedition Activities in the Arctic Ocean (2021). <https://uaf-iarc.org/nabos-products/>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kanna Naoya, Sugiyama Shin, Ando Takuto, Wang Yefan, Sakuragi Yuta, Hazumi Toya, Matsuno Kohei, Yamaguchi Atsushi, Nishioka Jun, Yamashita Youhei	4. 巻 36
2. 論文標題 Meltwater Discharge From Marine Terminating Glaciers Drives Biogeochemical Conditions in a Greenlandic Fjord	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Global Biogeochemical Cycles	6. 最初と最後の頁 1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GB007411	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Horikawa Takahito, Nomura Daiki, Kanna Naoya, Fukamachi Yasushi, Sugiyama Shin	4. 巻 9
2. 論文標題 Effects of the glacial meltwater supply on carbonate chemistry in Bowdoin Fjord, Northwestern Greenland	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2022.873860	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 漢那直也	4. 巻 -
2. 論文標題 南極の氷床氷河・海水域における微量金属の動態	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 地球化学	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takehiko Nose, Jean Rabault, Takuji Waseda, Tsubasa Kodaira, Yasushi Fujiwara, Tomotaka Katsuno, Naoya Kanna, Kazutaka Tateyama, Joey Voermans, Tatiana Aleekseva	4. 巻 -
2. 論文標題 A comparison of an operational wave-ice model product and drifting wave buoy observation in the central Arctic Ocean: investigating the effect of sea ice forcing in thin ice cover	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Polar Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Podolskiy Evgeny A., Murai Yoshio, Kanna Naoya, Sugiyama Shin	4. 巻 151
2. 論文標題 Glacial earthquake-generating iceberg calving in a narwhal summering ground: The loudest underwater sound in the Arctic?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of the Acoustical Society of America	6. 最初と最後の頁 6~16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1121/10.0009166	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Podolskiy Evgeny A., Murai Yoshio, Kanna Naoya, Sugiyama Shin	4. 巻 12
2. 論文標題 Ocean-bottom and surface seismometers reveal continuous glacial tremor and slip	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-24142-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Podolskiy Evgeny A., Kanna Naoya, Sugiyama Shin	4. 巻 2
2. 論文標題 Co-seismic eruption and intermittent turbulence of a subglacial discharge plume revealed by continuous subsurface observations in Greenland	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Earth & Environment	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43247-021-00132-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Podolskiy Evgeny A., Murai Yoshio, Kanna Naoya, Sugiyama Shin	4. 巻 92
2. 論文標題 Ocean-Bottom Seismology of Glacial Earthquakes: The Concept, Lessons Learned, and Mind the Sediments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Seismological Research Letters	6. 最初と最後の頁 2850~2865
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0220200465	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 野村大樹、漢那直也、戸澤愛美、能城太一	4. 巻 59
2. 論文標題 2022年カナダ・ケンブリッジベイでの国際海氷相互比較研究観測について	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 極地	6. 最初と最後の頁 70-74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Daiki NOMURA, Hiroki IKAWA, Yusuke KAWAGUCHI, Naoya KANNA et al.	4. 巻 40
2. 論文標題 Atmosphere-sea ice-ocean interaction study in Saroma-ko Lagoon, Hokkaido, Japan 2021	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of Glaciological Research	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5331/bgr.21R02	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 松野孝平・筈見柊也・漢那直也・山口 篤・杉山 慎
2. 発表標題 夏季のグリーンランド北西部フィヨルドにおいて、海洋性カービング氷河からの融解水がナノ、マイクロおよびメソ動物プランクトン群集に与える影響
3. 学会等名 日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Anna Timofeeva, Tateyama Kazutaka, Naoya Kanna
2. 発表標題 The results of the specialized ice observations in the Arctic basin during autumn season in 2021
3. 学会等名 第36回北方圏国際シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tateyama Kazutaka, Anna Timofeeva, Naoya Kanna
2. 発表標題 Sea ice observation using a portable and satellite borne passive microwave radiometers in 2021 NABOS expedition
3. 学会等名 第36回北方圏国際シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazutaka Tateyama, Naoya Kanna, Takuji Waseda and Hiroyuki Enomoto
2. 発表標題 Observation of sea ice using portable passive microwave radiometers in NABOS 2021 expedition
3. 学会等名 The 12th Symposium on Polar Science
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Nose, J. Rabault, T. Waseda, T. Kodaira, T. Katsuno, N. Kanna, K. Tateyama and J. Voermans
2. 発表標題 Ocean wave observations in the Arctic Ocean north of the Laptev Sea
3. 学会等名 The 12th Symposium on Polar Science
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kentaro TANAKA, Kozue NISHIDA, Kei SATO, Keita HIGUCHI, Naoya KANNA, Naoko MURAKAMI-SUGIHARA, Akito ISHIKAWA, Yasunori IWAHASHI, Kiyohito NAGAI, Kotaro SHIRAI
2. 発表標題 Trace element composition of bivalve shells as proxy of marine hypoxia
3. 学会等名 The 6th international sclerochronology conference
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	西田 梢、田中健太郎、佐藤圭、樋口恵太、漢那直也、杉原奈央子、白井厚太郎、岩橋徳典、永井清仁、弓場茉裕、石川彰人
2. 発表標題	二枚貝殻を用いた水温・溶存酸素濃度のモニタリング手法の検討：英虞湾での垂下実験を例に
3. 学会等名	第17回バイオミネラルリゼーションワークショップ
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	堀川理人、野村大樹、漢那直也、深町康、杉山慎
2. 発表標題	グリーンランド・ボードイン氷河の融解がフィヨルドの表層炭酸系に与える影響
3. 学会等名	2021海洋学会秋季大会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	漢那直也、杉山慎、安藤卓人、浅地泉、Wang Yefan、櫻木雄太、西岡純、山下洋平
2. 発表標題	グリーンランド北西部のフィヨルドにおける溶存有機物と溶存鉄の動態
3. 学会等名	2021日本地球化学会年会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Yasuhiro Hoshiba, Yoshimasa Matsumura, Naoya Kanna, Yoshihiko Ohashi, Shin Sugiyama
2. 発表標題	A simulation study on effects of meltwater discharge on net primary production in the marine-terminating glacier fjord
3. 学会等名	The 28th International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名 N. Kanna, K. Tateyama, T. Waseda, A. Timofeeva, M. Papadimitraki, L. Whitmore, H. Obata, H. Ogawa, D. Nomura, I. Polyakov
2. 発表標題 Spatial distribution of manganese in surface waters in the East Siberian Arctic Seas
3. 学会等名 ISAR-7 / Seventh International Symposium on Arctic Research (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 漢那直也
2. 発表標題 海氷域における微量金属研究の取り組み
3. 学会等名 北極域研究に関する分野横断研究の発展のためのボトムアップ型研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 漢那直也, 小畑元
2. 発表標題 海氷域における還元態鉄測定法の検討
3. 学会等名 2020年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 漢那直也, 小畑元, 野村大樹
2. 発表標題 海氷域におけるFe(II)測定法の検討と現場計測
3. 学会等名 2020年度東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>・研究紹介記事「極北カナダ・ケンブリッジベイでの国際海氷相互比較研究観測」 https://www.nipr.ac.jp/arcs2/project-report/2022-chars/</p> <p>・研究紹介記事「北極海国際観測航海ブログ 2021 NABOS Expedition」 https://www.nipr.ac.jp/arcs2/project-report/2021-nabos-expedition/</p> <p>・北極海航海報告「Report of the NABOS 2021 Expedition」 https://uaf-iarc.org/nabos-products/</p> <p>・論文発表プレスリリース「氷河ポンプが駆動するグリーンランドの海洋環境」 https://www.hokudai.ac.jp/news/2022/11/post-1123.html</p>
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ロシア連邦	Arctic and Antarctic Research Institute			
米国	University of Alaska Fairbanks			
カナダ	University of Calgary	Polar Knowledge Canada		